



TITLE:

# 39. ゴムのレオロジーとガラス転移 (ポスターセッション, ソフトマター の物理学2004-変形と流動-, 研究会 報告)

AUTHOR(S):

宮本, 嘉久; 関本, 謙

---

CITATION:

宮本, 嘉久 ...[et al]. 39. ゴムのレオロジーとガラス転移(ポスターセッション, ソフトマターの物理学2004-変形と流動-, 研究会報告). 物性研究 2004, 83(3): 438-439

ISSUE DATE:

2004-12-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/110072>

RIGHT:

## ゴムのレオロジーとガラス転移

京都大学 人間・環境学研究科 宮本 嘉久<sup>1</sup>

Institute de Physique, Univ. Louis Pasteur 関本 謙

1. はじめに これまでの研究でガラス状態での記憶は少数の状態変数によって記述されるのではなく、その“履歴”であることを、ゴムのガラスーゴム転移挙動の実験結果と線形粘弾性を拡張した現象論モデルより示した [1]。履歴記憶は、緩和関数が時間スケール性をもつこと、単一指数緩和ではないことから説明される。

ガラス転移領域においてゴムに一軸変形を与えたとき、温度の低下・変形速度の増加とともに一様な粘弾性的変形から、不均一なネック変形へと変化する。これらの中間モードとして、変形は巨視的に一様であるが、応力が歪に対して極大を示す降伏的変形がある。上の現象論モデルはネック変形に対しては定性的にも修正が必要である。緩和関数の形、および緩和時間の温度・歪依存性を実験的に求め、同時にこのモデルの適用範囲を明らかにするため、まず粘弾性領域での定量性を検討することを目的として、応力緩和の履歴依存性について測定を行った。モデル方程式では、応力はゴム弾性成分と粘弾性成分からなり、粘弾性応力は線形の重ね合わせで記述できると仮定した。今回は粘弾性応力の加算性について検討した結果を議論する。

2. 実験 架橋イソプレンゴム（東洋ゴム工業（株）提供）を試料として用いた。試料履歴 GT では  $-56^{\circ}\text{C}$ （ガラス転移領域）に急冷後、変形速度  $\dot{\gamma} = 0.01\text{ s}^{-1}$  で自然長から伸長比  $\lambda = \gamma + 1 = 3.5$  まで伸長し、 $\Delta t = 5\text{ 秒} (\times 2)$ 、 $+/-\dot{\gamma}_p$  または  $-/+ \dot{\gamma}_p$  のパルス状変形  $\Delta\lambda = \dot{\gamma}_p \Delta t$  ( $\dot{\gamma}_p = 0.01 \sim 0.1\text{ s}^{-1}$ ) を与え、その後  $-56^{\circ}\text{C}$ 、 $\lambda_{\text{relax}} = 3.5$  での張力緩和を測定した。また、 $\lambda = 3.5$  まで室温の

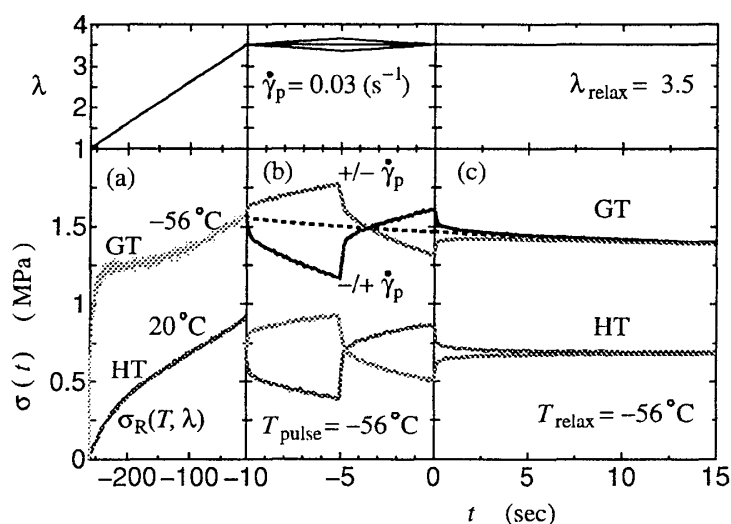


図 1: History of strain and temperature, and corresponding stress.

<sup>1</sup>E-mail:miyamoto@phys.h.kyoto-u.ac.jp

ゴム状態で変形させ（試料履歴 HT）、 $-56^{\circ}\text{C}$ に急冷後、同様の変形パルスに対する応答を測定した。

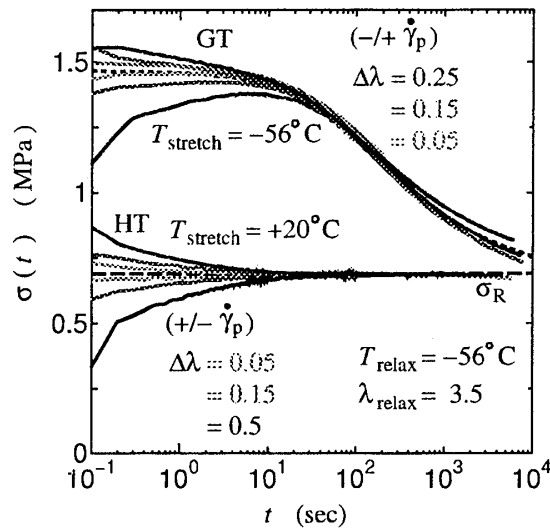


図 2: Stress relaxation curves

3. 結果 試料の履歴と張力の変化を  $\dot{\gamma}_p = 0.03 \text{ s}^{-1}$  について図 1 に示す。張力緩和測定開始時を時間の原点とした。(a) は伸長、(b) はパルス、(c) は緩和過程で、上段は伸長比、下段は張力の時間変化を示している。図 1(a) に見られるように  $T = -56^{\circ}\text{C}$ 、 $\dot{\gamma} = 0.01 \text{ s}^{-1}$  は粘弾性的変形と降伏的変形の境界の変形条件である。(b)、(c) に点線で示した張力はパルスを与えていない ( $\Delta\lambda = 0$ , GT) ときの結果で、このデータのみ張力緩和開始より  $2\Delta t = 10$  秒後を時間の原点としている。

図 1 の右下部分に対応する測定結果を図 2 に示す。図 2 下部は  $\lambda = 3.5$  まで室温で伸長した場合 (HT)、上部は  $-56^{\circ}\text{C}$  で伸長したとき (GT) の結果である。張力はいずれの場合もゴム弾性成分  $\sigma_R(-56^{\circ}\text{C}, \lambda = 3.5) = 0.69 \text{ MPa}$  (破線) に向かって緩和する。GT での点線は  $\Delta\lambda = 0$  の結果で、GT ではこの点線、HT では破線を境として、これらの線より小さい張力は  $+/-\dot{\gamma}_p$  に対する、大きい張力は  $-/+ \dot{\gamma}_p$  に対するそれぞれの応答である。HT では観測張力はパルス応答と  $\sigma_R$  の和となる。GT では緩和張力には、これらに加えて、 $\lambda = 3.5$  までの伸長 (図 1(a)) による寄与がある。パルス応答の成分は  $\Delta\lambda = 0$  の曲線に向かって緩和していくことが分かる。 $+/-\dot{\gamma}_p$  に対する応答では  $-\dot{\gamma}_p$  の変形による増加していく緩和と、 $\lambda = 3.5$  までの伸長による減少する緩和との寄与により緩和曲線に極大が見られる。定性的には、これは [1] で報告したガラスーゴム転移における、一定歪での張力の温度に対する極大に対応する記憶効果である。変形パルスによる緩和張力の寄与は、GT、HT に対してもほぼ等しいことから、粘弾性張力成分への  $\lambda = 3.5$  までの伸長による寄与とパルス変形による寄与は加算的である。また、パルス応答緩和張力成分の変化と  $\Delta\lambda$  がほぼ比例していることからこの測定範囲においてパルス応答については線形性が成立していると考えられる。パルス応答の歪・温度・変形速度依存性についても議論する予定である。

参考文献 [1] Y. Miyamoto et al., Phys. Rev. Lett., **88**, (2002) 225504.